Rev. Écol. Biol. Sol, 1981, 18 (3) : 305-317.

Relations microflore-microfaune dans la grotte de Sainte-Catherine (Pyrénées ariégeoises)

I. — Recherche des sources trophiques [1]

PAR

G. KILBERTUS et R. SCHWARTZ

E. R. 204, C.N.R.S., Laboratoire de Microbiologie de Nancy I
Case officielle n° 140, 54037 Nancy

INTRODUCTION

Le domaine souterrain était considéré par RACOVITZA (1907) comme un habitat où la température était basse et constante, et doté d'une atmosphère calme et saturée en eau.

Cependant le climat de ces biotopes est moins uniforme qu'on ne tend à l'affirmer, et il est influencé par les conditions externes : en fait l'atmosphère de ces milieux n'est que tamponnée (JUBERTHIE, 1969), ce qui a pour effet de réduire les amplitudes de variation des populations animales et microbiennes les colonisant. Ces facteurs, liés à une relative pauvreté en substances trophiques potentielles, ont conduit de nombreux microbiologistes à s'intéresser aux procaryotes autotrophes, susceptibles de compenser l'absence de production primaire des végétaux supérieurs, ou à rechercher une microflore autochtone bien adaptée à ce milieu (GOUNOT, 1967).

Une attention toute particulière a été accordée aux bactéries utilisant l'énergie libérée par oxydation de l'hydrogène sulfuré ou du carbonate de fer hydraté (DUDICH, 1933 ; MASON WILLIAMS et BENSON EVANS, 1958). Cependant, selon GOUNOT (1967) et PERRIER (1973), une place importante doit être faite aux *Arthrobacter*, genre peu spécialisé et à pouvoir d'adaptation considérable.

(1) Recherche effectuée dans le cadre de l'A.T.P. n° 3573 du C.N.R.S. Transferts hydriques chez deux espèces épigée et cavernicoles d'Insectes Collemboles, 1978 - 1980.

Reçu le 2-9-81.

De nombreux champignons ont été également isolés par divers chercheurs (LAGARDE, 1922 ; MARTINI, 1963 ; OPURT, 1964 ; ZELLER, 1968-1970).

A la demande de G. VANNIER, responsable du projet A.T.P. n° 3573 sur les transferts hydriques chez deux lignées épigées et cavernicoles d'Insectes Collemboles, nous avons tenté de rechercher les matières organiques et les microorganismes présents dans différentes salles de la grotte Sainte-Catherine (Ariège, France), et essayer de mettre en évidence les corrélations existant entre cette matière organique et la répartition particulière de *Tomocerus minor* et *Tomocerus problematicus* dans ces milieux cavernicoles (THIBAUD et VANNIER, 1978).

I. — DESCRIPTION DES STATIONS ET ORIGINE POSSIBLE DES MATIÈRES ORGANIQUES PRÉSENTÉES DANS LA GROTTE

Cette grotte a fait l'objet de nombreuses études géomorphologiques (RENAULT, 1969), climatologiques (ANDRIEUX 1969) et écologiques (ROUCH 1968, JUBERTHIE 1969, THIBAUD et VANNIER 1978).

Sa description figure dans une récente publication de THIBAUD et VANNIER (1978). Longue de 190 mètres, et présentant une dénivellation de 85 mètres, elle est constituée par trois salles principales (la salle 3 ou puits terminal à parois verticales recouvertes d'argile est dépourvue de sol). Le sol de la salle 1, sous l'aven principal est recouvert par une épaisse litière de feuilles de chênes provenant des arbres bordant l'orifice de la grotte. Les zones humides sont recouvertes de bryophites, alors que quelques endroits plus secs voient se développer du lierre. Cette salle est la plus riche en matière organique d'origine végétale. La salle 2, très en pente, est apparemment la plus pauvre. On y rencontre que de rares fragments ligneux introduits naturellement ou accidentellement par l'homme. La salle 3 est périodiquement inondée. L'eau, en particulier les pertes de rivières, peut apporter parfois plusieurs mètres cubes de débris animaux ou végétaux (DELAY 1978, HAWES 1939, GINET 1960). Ce processus d'apport, bien qu'irrégulier, est certainement très important du point de vue quantitatif.

Ces trois milieux, apparemment bien distincts, sont cependant sous l'influence de divers facteurs externes difficilement contrôlables :

— la ventilation régulière de cette grotte, qui peut entraîner des quantités non négligeables de microorganismes dont la survie et le développement sont en relation directe avec le substrat énergétique rencontré et leurs facultés d'adaptation.

— les animaux, les chauve-souris en particulier, qui sont parfois à l'origine d'amas importants de guano.

— les infiltrations, après lessivage des sols superficiels. La qualité de la matière organique est alors fonction de la présence de litière à la surface, et de l'activité de la microflore.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Prélèvements.

Les échantillons de sol ou d'argile ont été prélevés au hasard à l'aide de spatules stériles, et introduits dans des récipients stériles.

Les échantillons, pour le microscope électronique ont été fixés sur place avec de l'acide osmique à 2 % durant une heure et demie. Ceux destinés aux études microbiologiques ont été conservés deux jours au réfrigérateur à 4° C jusqu'au moment du traitement en laboratoire à Nancy.

2. Étude microbiologique.

a) Microflore totale.

Des suspensions/dilutions ont été ensemencées sur milieu nutritif gélosé (8 g de « Nutrient-broth », 15 g de gélose pour 1 l d'eau) pour mettre en évidence des bactéries, et sur malt gélosé (15 g de malt, 15 g de gélose pour 1 l d'eau) pour isoler les champignons.

b) Détermination des bactéries.

Après avoir noté les caractéristiques de culture des colonies, nous avons appliqué à chaque germe la coloration de Gram et celle des spores pour les procaryotes à Gram +. Les microorganismes mobiles ont subi la coloration négative (2 mn dans l'acide phosphotungstique à 2 %) et ont été observés en microscopie électronique à transmission pour la mise en évidence des flagelles.

Les tests biochimiques ont été appliqués suivant les indications fournies par le « Bergey's manual » (1974) et compte tenu des publications de :

— PALLERONI et DOUDOROFF (1972) et STANIER *et coll.* (1966) pour le genre *Pseudomonas* ;

— BREEDS *et coll.* (1974), FERRARI (1963) et HENDRIE *et coll.* (1968) pour le genre *Flavobacterium* ;

— DE BARJAC et BONNEFOI (1973) et DE BARJAC et COASMAO-DUMANOIR (1975) pour le genre *Bacillus* ;

— ANTHEUNISSE (1974) et YAMADA et KOMAGATA (1970) pour le genre *Arthrobacter.*

c) Détermination des champignons.

Ces eucaryotes ont été déterminés à l'aide des ouvrages des auteurs suivants : BARRON (1968), GILMAN (1957) et REISINGER *et coll.* (1977).

3. Étude en microscopie électronique.

Les échantillons pour la microscopie électronique à balayage ont été fixés à l'O_sO_4 durant 1 h 30, déshydratés à l'acétone, desséchés au point critique puis métallisés à l'or.

Le sol et les argiles ont été mis en suspension pour l'élimination des particules siliceuses, puis recueillis sur filtre millipore (diamètre 0,42 µm). Après enrobage dans la gélose « Difco » à 6 %, les échantillons sont fixés selon la technique préconisée par RYTER et KELLENBERGER (1958). Les coupes fines obtenues sont contrastées au citrate de plomb selon REYNOLDS (1963).

III. — RÉSULTATS

1. Microflore totale.

Les résultats des suspensions-dilutions figurent dans le tableau I. Le nombre de germes diminue très rapidement dans les salles 2 et 3.

Le nombre de germes passe de $131,8 \times 10^6$ sous l'aven (Salle 1) à $8,3 \times 10^6$ dans la salle 2 et à $2,7 \times 10^6$ dans la partie la plus basse. GOUNOT (1969, 1971) en étudiant la microflore des grottes de l'Ariège, des Alpes, etc. a trouvé des

chiffres comparables (entre 1 et 22 $\times 10^6$ par gramme selon les sites prospectés). Nos chiffres confirment les résultats de cet auteur en particulier et la pauvreté quantitative relative de ces milieux.

TAB. I

Nombre de germes $\times 10^6$ par gramme de sol ou limon sec à 105° C

Boîtes / Salles	1	2	3	4	5	M
1.......	108,6	204,1	113,9	100,7	—	131,8
2.......	6,7	7,9	8,8	9,6	8,3	8,3
3.......	2,7	1,9	2,8	3,7	2,1	2,7

2. **Analyse qualitative de la flore bactérienne.**

Le sol de la salle 1, située directement sous l'aven, contient quatre espèces procaryotiques dominantes. Elles sont présentes en proportions sensiblement égales et appartiennent aux genres : *Arthrobacter sp.*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, et *Brevibacterium*. A ces germes s'associe parfois un représentant du genre *Flavobacterium* (Tab. II).

Cette microflore se modifie considérablement dès que l'on analyse le limon argileux de la salle 2. Bien que les *Arthrobacter* soient toujours présents, elle est ici dominée par *Micrococcus* (près de la moitié des espèces isolées), *Flavobacterium* (10 %), et *Pseudomonas* (20 % de la population).

TAB. II

Principales bactéries isolées à partir des sols et argiles de la grotte Sainte-Catherine

Station / Bactéries	Salle 1	Salle 2	Salle 3
Arthrobacter sp.	+	+	+
Alcaligenes sp.	+	—	+
Bacillus sp. 1	+	—	—
Brevibacterium sp.	+	—	—
Flavobacterium sp.	+	+	—
Pseudomonas sp.	—	+	—
Micrococcus luteus	—	+	—
Micrococcus roseus	—	+	—
Bacillus sp. 2	—	—	+
Bacillus sp. 3	—	—	+

+ : présent — : absent.

Et enfin, dans la salle 3, en plus de *Arthrobacter* et *Alcaligenes*, ce dernier peu abondant, on constate en plus deux espèces de *Bacillus* à spores terminales déformantes.

La composition de la microflore des salles 2 et 3 que l'on peut seules considérer comme strictement cavernicoles, est conforme aux données bibliographiques. On peut constater la place importante occupée par les *Arthrobacter*, ce qui confirme la prédominance de ces formes peu spécialisées, comme l'avait signalé GOUNOT (1967) et PERRIER (1973). On retrouve aussi les procaryotes ubiquistes (*Pseudomonas, Flavobacterium, Bacillus*) signalés dans les mêmes milieux par GOUNOT (1971), MASON-WILLIAMS et BENSON-EVANS (1958), MOLNAR (1961).

3. **Flore fongique.**

Deux champignons ont été isolés de façon régulière dans les trois milieux analysés *Cladosporium herbarum* et un mycelium hyalin stérile (Tab. III).

TAB. III

Champignons isolés à partir des trois substrats

Station / Champignons	Salle 1	Salle 2	Salle 3
Cladosporium herbarum	+++	+++	++
Mycélium blanc stérile	++	+	+
Penicillium sp. 1	+	—	—
Penicillium sp. 2	+	—	—
Verticillium sp.	+	—	—
Scopulariopsis sp.	+	—	—
Penicillium sp. 3	—	+	—
Penicillium sp. 4	—	+	—
Mycélium brun stérile	—	+	—
Phoma sp.	—	—	+
Trichoderma sp.	—	—	+

+++ : Présent dans 3 boîtes sur 5 ; ++ présent dans 2 boîtes sur 5 ; + présent dans 1 boîte sur 5 ; — : absent.

La recherche de la mycoflore dans cette salle 1 n'est évidemment pas exhaustive, et l'on pourrait y ajouter toutes les espèces intervenant dans la décomposition des litières de surface.

Dans la salle 2 on rencontre en particulier *Penicillium sp.* 3 et *sp.* 4, ainsi qu'un Mycélium brun stérile. Enfin, dans le dernier milieu, on a pu isoler *Phoma sp.* et *Trichoderma sp.* On peut rajouter à ces champignons des Basidiomycètes qui colonisent les fragments ligneux, ainsi que des Phycomycètes qui se développent sur les résidus ligneux contenus dans le guano.

Ces résultats sont encore comparables à ceux publiés par de nombreux auteurs : LAGARDE (1922), MARTINI (1963), OPURT (1964), ZELLER (1968-1970) : les germes les plus fréquents appartiennent aux genres *Mortierella, Cladosporium, Penicillium, Trichoderma,* etc...

Cependant ces eucaryotes sont beaucoup plus dépendants de la matière organique fraîche, et ils n'ont pas les mêmes pouvoirs de synthèse que les bactéries. Leur répartition est certainement beaucoup plus irrégulière, et étroitement liée aux courants d'air, ainsi qu'à l'introduction naturelle ou artificielle de substances organiques fraîches dans les grottes.

4. **Apports de l'étude électronique.**

Le sol de la salle 1 est riche en microorganismes et les colonies de procaryotes présentes ont le même aspect que celles rencontrées dans les sols de surface (PROTH, 1978 ; KILBERTUS et PROTH, 1979 ; KILBERTUS *et al.*, 1979). Les germes sont englobés dans une substance de nature polyosidique à la surface de laquelle s'adsorbent des feuillets d'argile.

Ils ont parfois des formes allongées caractéristiques (Ph. 4). Ces sols reçoivent un apport considérable de germes à partir des litières les recouvrant ; les bactéries sont en effet très abondantes en surface (Ph. 1 et 3), et on peut constater qu'elles s'attaquent aux mycelium présents, en se plaçant de façon caractéristique (perpendiculaire) par rapport à l'axe de l'hyphe (Ph. 3).

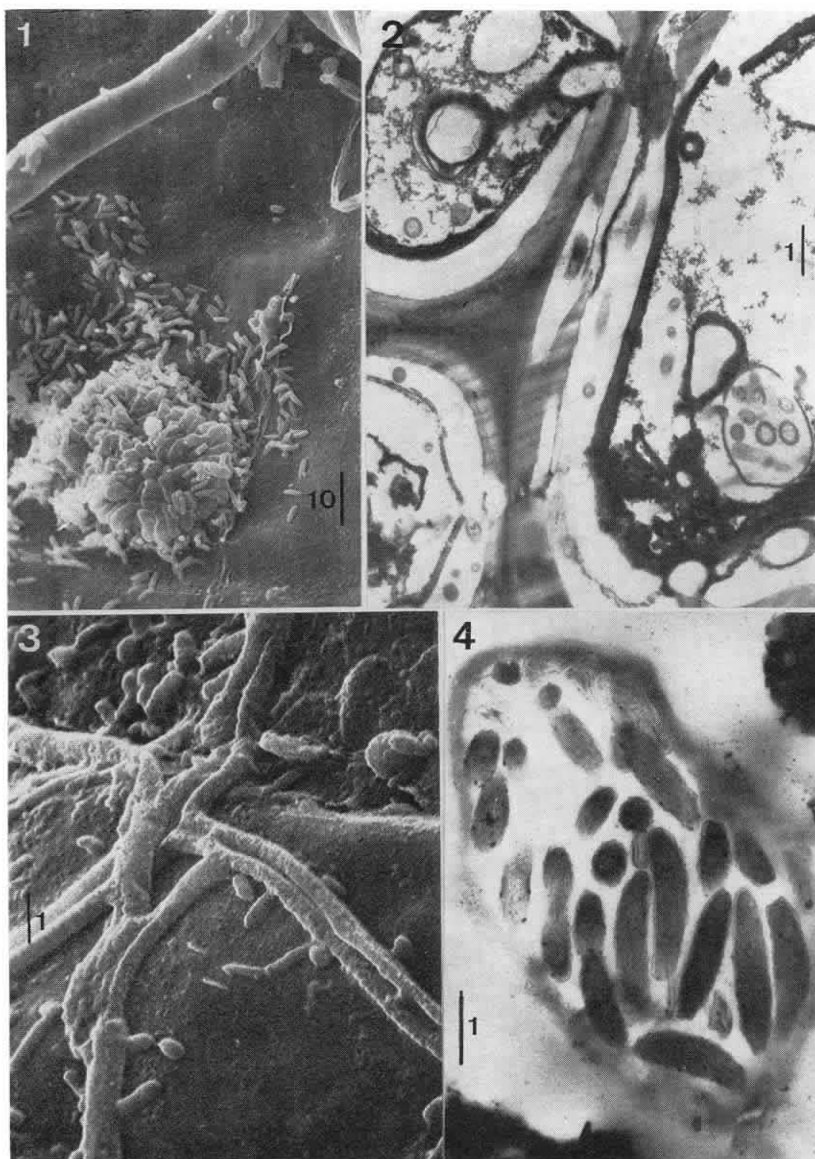
Ces observations sont confirmées par les études en microscopie électronique à transmission (Ph. 2). Ces microorganismes dégradent à la fois les parois végétales et les organes fongiques.

Les argiles de la salle 2 apparaissent très dispersées (Ph. 5) et apparemment pauvres en germes. Les bactéries (Ph. 6, 7 et 8) ne sont qu'exceptionnellement associées en colonies. Généralement isolées, elles présentent un matériel nucléaire bien différencié. Les formes allongées ou irrégulières (ces dernières pouvant caractériser en particulier les *Arthrobacter*) n'ont pas été observées. Les procaryotes présents sont généralement sphériques ou ovoïdes, ce qui confirme les résultats obtenus au cours des analyses microbiologiques.

Les débris ligneux que l'on rencontre dans cette salle, de même que dans l'escalier qui relie la salle 1 et 2, sont parcourus par d'abondants cordons mycéliens. On peut même dans certain cas observer des carpophores. En microscopie électronique à transmission (Ph. 9), les parois végétales apparaissent très altérées, les tissus n'étant colonisés que par des hyphes.

Dans les limons argileux de la salle 3, les fragments organiques sont à nouveau abondants dans les coupes observées, et les bactéries se développent au contact de ces derniers (Ph. 10). Les microorganismes sont cette fois-ci généralement associés pour former des colonies (Ph. 10 et 11). Ils sont souvent noyés dans un mucilage recouvert de phyllosilicates (Ph. 11). Ces formations préfigurent les agrégats typiques qui caractérisent les sols épigés.

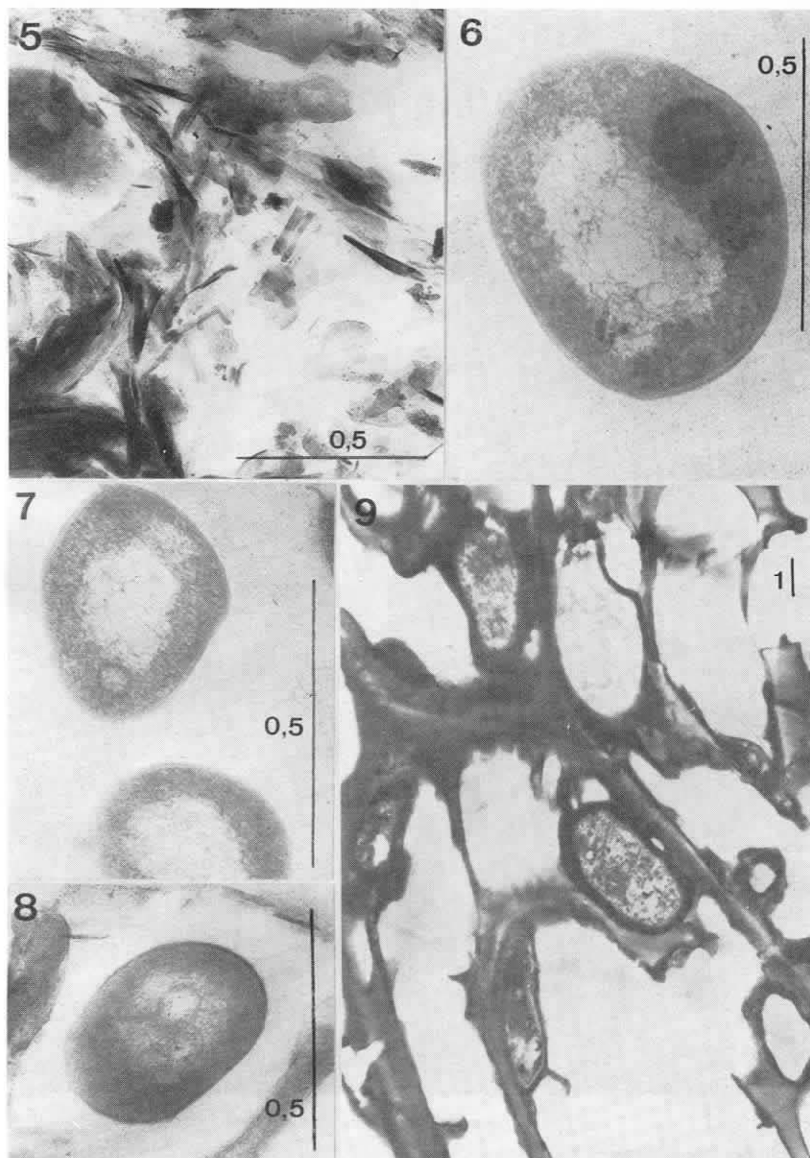
Enfin, dans cette salle on retrouve également du guano de chauve-souris, plus ou moins dispersé. L'observation directe de ces rejets permet de voir des résidus d'insectes encore identifiables par la présence d'éléments chiti-



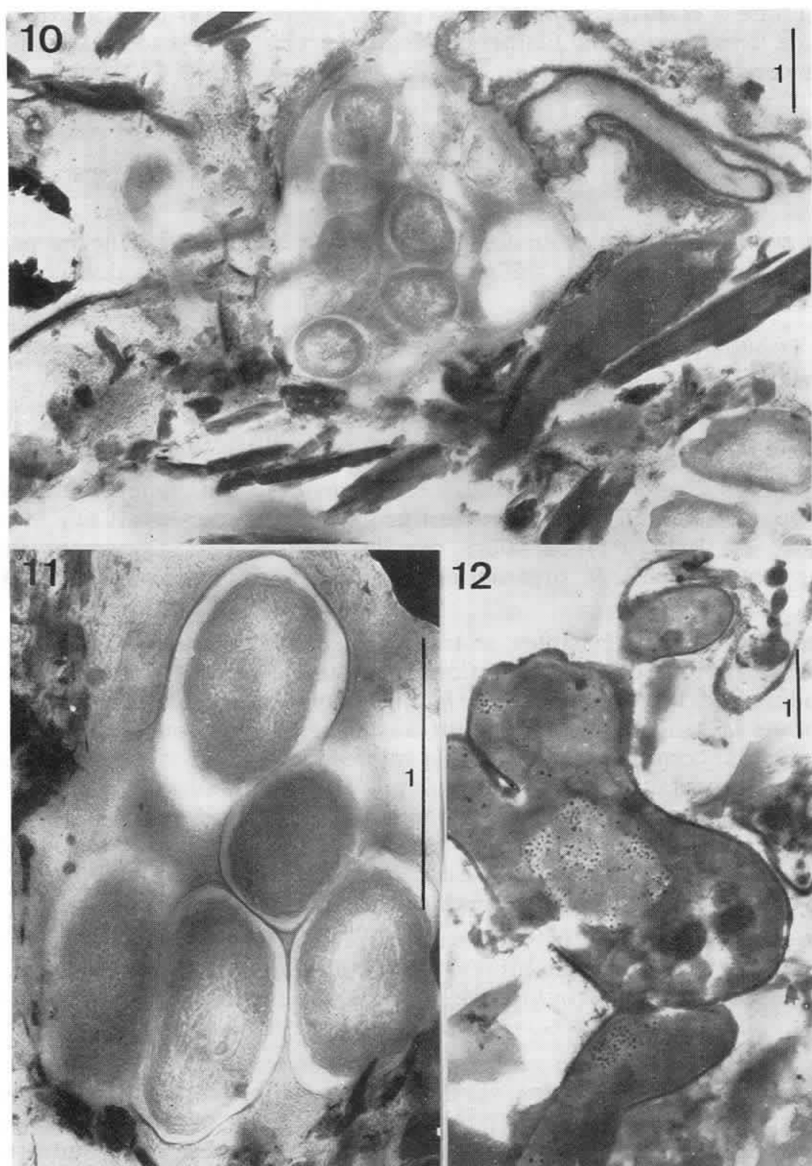
Légende des planches

Les échelles sont données en microns.
MET = microscope électronique à transmission.
MEB = microscope électronique à balayage.

Pl. I. — Ph. 1 : Présence d'abondantes bactéries en forme de bâtonnet à la surface des feuilles de chêne en voie de décomposition (MEB) ; Ph. 2 : Dégradation des parois végétales et des hyphes par les bactéries (MET) ; Ph. 3 : Attaque des hyphes par les bactéries. Les procaryotes sont disposés perpendiculairement à l'axe des filaments fongiques (MEB) ; Ph. 4 : Colonie de bactéries présentant un aspect caractéristique (MET).



PL. II. — Ph. 5 : Aspect caractéristique des argiles rencontrées dans la salle 2. (MET) ; Ph. 6, 7 et 8 : Procaryotes plus ou moins sphériques rencontrées dans l'argile de de la salle 2. Le matériel nucléaire est bien différencié (MET) ; Ph. 9 : Dégradation des tissus lignifiés par les champignons (Escalier reliant les salles 1 et 2) (MET).



Pl. III. — Ph. 10 : Aspect général du limon argileux de la salle 3 (MET) ; Ph. 11 : Colonie bactérienne typique. Les germes sont englobés dans un mucilage à la surface duquel adhèrent des feuillets d'argile (MET) ; Ph. 12 : Coupe dans une déjection de chauve-souris mettant en évidence des filament fongiques (MET).

neux, en particulier des élytres. Ces déjections sont recouvertes par un feutrage mycélien dont l'allure rappelle celle des Phycomycètes. En microscopie électronique à transmission, en plus de ces éléments, on peut mettre en évidence de très nombreux filaments fongiques (Ph. 12), parfois accompagnés par un cortège bactérien.

IV. — CONCLUSIONS

Du point de vue microbiologique, la grotte Sainte-Catherine ne peut pas être considérée comme un milieu homogène ; elle peut être divisée en trois grandes parties :

— la salle 1 ou aven qui subit une influence de l'extérieur ;

— la salle 2 en pente ;

— la salle 3 inondée périodiquement et qui, de ce fait, bénéficie d'un apport important de matériel épigé par infiltration.

Les salles 2 et 3 peuvent seules être considérées comme étant vraiment cavernicoles. Elles diffèrent cependant profondément par le fait que la salle 2, en pente, est bien drainée, alors que la salle 3, périodiquement inondée avec apport de matière organiques exogènes, subit une anaérobiose temporaire.

Ces différences, prévisibles, se traduisent dans les faits par une ultrastructure caractéristique de chaque station, et par une composition microbiologique particulière. Les représentants de la microflore totale, nettement plus nombreux dans la salle 1, se développent aux dépens des abondants débris végétaux présents, comme en témoigne la microscopie électronique. Et s'ils semblent plus importants dans le milieu2 que dans le 3, voir les résultats de la suspension-dilution, cela est probablement dû au mode d'association particulier des germes dans le dernier biotope (les associations monospécifiques ne donnent naissance sur milieu de culture qu'à une seule colonie, et de ce fait ne reflètent pas la réalité quantitative initiale exacte).

Les analyses qualitatives de la microflore bactérienne confirment ces résultats. Les bactéries dénombrées sont différentes selon les milieux, seuls les membres du genre *Arthrobacter* sont présents dans les trois stations étudiées.

Chaque station étudiée renferment donc une source de nourriture particulière pouvant, en plus des conditions physiques et climatiques particulières, expliquer la répartition particulière des deux espèces de *Tomocerus* comme l'ont montré THIBAUD et VANNIER (1978) dans leur inventaire faunistique.

RÉSUMÉ

Les sources trophiques potentielles pour les insectes Collemboles de la grotte Sainte-Catherine (Ariège, France) ont été recherchées à l'aide des techniques micro-

biologiques traditionnelles (détermination des bactéries et des champignons), ainsi que par la microscopie électronique à balayage et à transmission. Les résultats obtenus montrent une répartition très nette des ressources alimentaires correspondant à la répartition des deux espèces de *Tomocerus* dans ces milieux.

Summary

Potential sources of nutrients for Collembola were searched for in Sainte-Catherine (Ariège, France) cave. Usual microbiological methods (isolation of bacteria and fungi), as well as Transmission and Scanning Electron Microscopy, were used in this study.

Results reveal a distinct distribution of nutrients parallel to the distribution of two *Tomocerus* spp. in this milieu.

Bibliographie

Andrieux (C.), 1969. — Étude du climat de la grotte Sainte-Catherine en Ariège selon le cycle 1967. *Ann. Spéléol.*, **24**: 19-73.

Antheunisse (J.), 1974. — Mobility and flagellation of *Arthrobacter* strains. *Canad. J. Microbiol.*, **20**: 1411-1414.

De Barjac (H.) & Bonnefoi (A.), 1973. — Mise au point sur la classification des *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga*, **18**: 5-17.

De Barjac (H.) & Cosmao-Dumanoir (V.), 1975. — Intérêt de certains critères biochimiques supplémentaires pour la classification des souches de *Bacillus*. *Ann. Microbiol.* (Inst. Pasteur), **126 A**: 83-95.

De Barjac (H.) & Cosmao-Dumanoir (V.), 1975. — Répartition et pouvoirs chitinolytiques et lipolytiques chez divers stérotypes de *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga*, **20**: 43-48.

Barron (G. L.), 1968. — The genera of hyphomycetes from soil. Robert E. Krieger Publ. Co., Baltimore, 364 p.

Bergey's, *Manual ofdeterminative bacteriology*, 1974. — Williams & Wilkins Co., Baltimore (8th edition).

Breeds (S.), Murray (D. G. D.) & Smith (N. R.), 1974. — (in « Bergey's Manual of determinative bacteriology »). Williams & Wilkins Co., Baltimore.

Caumartin (V.), 1967. — Recherche sur une bactérie des argiles de cavernes et des sédiments ferrugineux. *C. R. Acad. Sci, Paris*, **245**: 1758-1760.

Caumartin (V.), 1964. — Le comportement des moisissures dans le milieu souterrain. *3e Cong. Int. Spéléol., Wien 1961*, **3**: 41-44.

Delay (B.), 1978. — Milieu souterrain et écophysiologie de la reproduction et du développement des coléoptères bathysciinae hypogés. Mémoire de biospéologie. Moulis (09). 349 pages.

Dudich (E.), 1930. — Die Nahrungsquellen der Tierwelt in der Aggteleker Tropfsteinhöhle. *Allat. Kôzlem.*, **27**: 77-85.

Ferrari (A.), 1963. — Ricerche sulle specie del genera Flavobacterium. *II. Ann. Microbiol.*, **13**: 23.

Gilman (J. C.), 1957. — A manual of soil fungi. The Iowa State College Press-Ames.

GINET (R.), 1960. — Écologie, éthologie et biologie de *Niphargus* (Amphipodes Gammaridés hypogés). *Ann. Spéléol.*, **15**: 1-254.

GOUNOT (A. M.), 1967. — La microflore des limons argileux souterrains : son activité productrice dans la biocénose cavernicole. *Ann. Spéléol.*, **22**: 23-143.

GOUNOT (A. M.), 1969. — Étude préliminaire du peuplement bactérien de la grotte de Peyort en Ariège. *Ann. Spéléol.*, **24**: 2.

GOUNOT (A. M.), 1971. — C. R. 96e Cong. Nat. Soc. Sav., Sci., **3**: 257-265.

HAWES (R. S.), 1939. — The flood factor in the ecology of caves. *J. animal ecol.*, **8**: 1-5.

HENDRIE (M. S.), MITCHELL (T. G.) & SHEWAN (J. M.), 1968. — The identification of yellow-pigmented rods, (in « Identification methods for microbiologists » B. M. Gibbs & D. A. Shapton). Academic Press, London, p. 67-78.

JUBERTHIE (C.), 1969. — Relations entre le climat, le microclimat et les *Aphaenops cerberus* dans la grotte de Sainte-Catherine en Ariège. *Ann. Spéléol.*, **24**: 75-104.

KILBERTUS (G.), PROTH (J.) & MANGENOT (F.), 1979. — Variations saisonnières de la microflore d'un sol forestier. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)*, **130 B**: 63-77.

LAGARDE (J.), 1922. — Champignons 1re série. *Arch. Zol. Exp. Gen.*, **60**: 593-625.

MAGDEBURG (P.), 1933. — Organogene Kalkkonkretionen in Höhlen. SB. naturf. Ges. *Leipzig*, **56-59**: 14-36.

MARTINI (A.), 1963. — Yeasts in cavern environments. *Archiv. für Mikrob.*, **45**: 111-114.

MASON-WILLIAMS (A.) & BENSON-EVANS (K.), 1958. — A preliminary investigation into the bacterial and botanical flora of caves in South Wales. *Cave Res. Group Great Brit. Publ.*, **8**, 70 pages.

MOLNAR (M.), 1961. — Beiträge zur Kenntnis der Mikrobiologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle Baradla ». *Ann. Univ. Sci. Budapest, Biol.*, **4**: 131-139.

OPURT (Ph. A.), 1964. — The microfungal flota of bat cave soils from Eleuthera island, The Bahamas. *Can. J. Bot.*, **42**: 1629-1633.

PALLERONI (N. J.) & DOUDOROFF (M.), 1972. — Some properties and taxonomic subdivisions of the genus *Pseudomonas*. *Ann. Rev. Phytopathol.*, **10**: 73-100.

PERRIER (J.), 1973. — L'établissement et l'évolution de la microflore dans les limons souterrains en fonction des conditions de milieu. Thèse, Lyon.

PROTH (J.), 1978. — Évolution de la microflore d'une rendzine forestière privée de ses apports naturels en litière de charme. Étude microbiologique et ultrastructurale. Thèse, Nancy, 215 pages.

RACOVITZA (E. G.), 1907. — Essais sur les problèmes biospéologiques. *Biospeologica I. Arch. Zool. Exp. Gen.*, **36**: 371-488.

REISINGER (O.), KILBERTUS (G.) & KIFFER (E.), 1977. — Documents de TD de Mycologie, Université de Nancy I, 300 pages.

RENAULT (Ph.), 1969. — Étude géomorphologique des grottes de Sainte-Catherine en Ariège. *Ann. Spéléol.*, **24**: 5-18.

REYNOLDS (E. S.), 163. — The use of lead citrate at high pH as an electron opaque stain in electron microscopy. *J. Cell. Biol.*, **17**: 176-191.

ROUCH (R.), 1968. — Contribution à la connaissance des Harpacticides hypogés (Crustacés, Copépodes). *Ann. Spéléol.*, **23**: 5-167.

RYTER (A.) & KELLENBERGER (E.), 1958. — Étude au microscope électronique de plasma contenant de l'acide désoxyribonucléique. I. Les nucléotides des bactéries en croissance active. *Z. NaturForsch.*, **136**: 597-605.

STANIER (R. Y.), PALLERONI (N. J.) & DOUDOROFF (M.), 1966. — The aerobic Pseumonas : a taxonomic study. *J. gen. Microbiol.*, **43**: 159-271.

THIBAUT (J. M.) & VANNIER (G.), 1978. — Relations entre les tailles, les biomasses, les teneurs en eau et en lipides chez deux espèces de Collemboles selon leur répartition dans la grotte Sainte-Catherine en Ariège. *Rev. Écol. Biol. Sol*, **15**: 89-101.

YAMADA (K.) & KOMAGATA (K.), 1970. — Taxonomic studies on coryneform bacteria. *J. gen. appl. Microbiol.*, **16**: 215-224.

YAMADA (K.) & KOMAGATA (K.), 1970. — Taxonomic studies on coryneform bacteria. IV. Morphological, cultural, biochemical and physiological characteristics. *J. gen. appl. Microbiol.*, **18**: 399-417.

ZELLER (L.), 1968. — Mucorales from the « Baradla » cave in Aggtelek. *Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.*, **12**: 235-240.

ZELLER (L.), 1970. — Arthroderma species from the « Baradla » cave in Aggtelek. *Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.*, **12**: 235-240.